

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 0 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 7 6 9 8 0
Application Number:

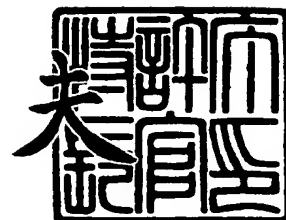
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 7 6 9 8 0]

出 願 人 コニカミノルタホールディングス株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 8 2 4 7



【書類名】 特許願

【整理番号】 DMS00407

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G03F 7/20

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 コニカ株式会社内

 【氏名】 増田 修

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 コニカ株式会社内

 【氏名】 古田 和三

【特許出願人】

 【識別番号】 000001270

 【氏名又は名称】 コニカ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100081411

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 三澤 正義

 【電話番号】 03-3361-8668

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 007984

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子ビーム描画方法、母型の製造方法、母型、金型の製造方法、金型及び光学素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被描画対象である基材に対して電子ビームを主走査方向に走査すると共に、前記主走査方向の走査を副走査方向に繰り返すことによって、前記基材上に所定のパターンを描画する電子ビーム描画方法であって、

前記所定のパターンの形状データを取得する取得ステップと、

前記所定のパターンの形状データに基づいて、出射される電子ビームを、前記主走査方向に偏向させるための第1の入力信号と、前記副走査方向に偏向させるための第2の入力信号を生成する信号生成ステップと、

前記所定のパターンの形状データに応じて特定の周波数を有する周波数信号を調整する周波数調整ステップと、

前記第2の入力信号に対して、前記周波数信号を重畳する重畳ステップと、

前記出射される電子ビームを、前記第1の入力信号に従って偏向させることで主走査方向に走査すると共に、前記周波数信号が重畳された前記第2の入力信号に従って偏向させることで副走査方向に走査する走査ステップと、を含むことを特徴とする電子ビーム描画方法。

【請求項 2】 前記周波数信号は、前記所定のパターンの形状データに応じて、振幅が調整されることを特徴とする請求項 1 記載の電子ビーム描画方法。

【請求項 3】 前記所定のパターンは、エッジ部分を複数有する構造であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の電子ビーム描画方法。

【請求項 4】 前記所定のパターンは、ブレード形状を有する回折構造であって、前記周波数信号は、前記ブレードの傾斜面部分とエッジ部分とに対応して調整されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一項に記載の電子ビーム描画方法。

【請求項 5】 前記周波数信号は、前記ブレードのエッジ部分近傍に関しては、前記ブレードの傾斜面部分の中央部に比して、振幅が小さく調整されることを特徴とする請求項 4 記載の電子ビーム描画方法。

【請求項 6】 前記周波数信号の振幅に応じて、前記電子ビームの副走査方向に関する走査ピッチを調整する走査ピッチ調整ステップを、さらに含むことを特徴とする請求項 2 乃至請求項 5 の何れか一項に記載の電子ビーム描画方法。

【請求項 7】 前記基材の被描画面は、曲面形状を有していることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 の何れか一項に記載の電子ビーム描画方法。

【請求項 8】 請求項 1 乃至請求項 7 の何れか一項に記載の電子ビーム描画方法によって描画された基材を用いて、光学素子を成形するための金型の母型を製造する母型の製造方法であって、

前記基材を描画する前に、前記基材上にレジスト膜を形成する形成ステップと

前記描画された基材上のレジスト膜を現像し、所定の構造を有する母型を得る現像ステップを含むことを特徴とする母型の製造方法。

【請求項 9】 前記現像ステップにおいて現像された基材をエッチング処理するエッチングステップを、さらに含むことを特徴とする請求項 8 記載の母型の製造方法。

【請求項 10】 請求項 8 又は請求項 9 に記載の母型の製造方法によって製造されたことを特徴とする母型。

【請求項 11】 請求項 10 記載の母型を用いて電鋳処理を行い、前記母型上の前記所定の構造が転写された金型を得る電鋳ステップを含むことを特徴とする金型の製造方法。

【請求項 12】 請求項 11 記載の金型の製造方法によって製造されたことを特徴とする金型。

【請求項 13】 請求項 12 記載の金型によって成形されたことを特徴とする光学素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子ビームによる描画技術に関するものであり、特に、被描画対象となる基材に対して所定のパターン、例えば光学素子に対応する回折パターン等

を電子ビームによって描画する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、情報記録媒体として、例えばCD、DVD等が広く使用されており、これらの記録媒体を読み取る読取装置などの精密機器には、多くの光学素子が利用されている。これらの機器に利用される光学素子、例えば光レンズなどは、低コスト化並びに小型化の観点から、ガラス製の光レンズよりも樹脂製の光レンズを用いることが多い。

【0003】

このような樹脂製の光レンズは、一般の射出成形によって製造されており、射出成形用の成形型も、一般的な切削加工によって形成されている。

【0004】

ところで、最近では、光学素子に要求されるスペックや性能自体が向上しており、例えば、光学機能面に回折構造などを有する光学素子を製造する際に、当該光学素子を射出成形するためには、成形型にそのような回折構造を付与するための面を形成しておく必要がある。

【0005】

しかしながら、現在用られているような成形技術や加工技術の切削バイトにて、成形型にそうした回折構造などの微細な形状を形成しようとする、加工精度が劣るとともに、バイトの強度、寿命の点で限界があり、サブミクロンオーダー、或いは、それ以下の精密な加工を行うことは困難であった。

【0006】

特に、CD-ROMのピックアップレンズと比較して、DVD等の媒体におけるピックアップレンズでは、記録密度の増加に対して、より精度の高い回折構造が要求され、光の波長より小さいレベル、例えばnmレベルでの加工精度が求められる。しかし、上述のように従来の切削加工では、こうした加工精度は得られなかった。

【0007】

一方、光学素子などを含む基材の表面上に所定の形状を描画加工するものとし

ては、光露光などの手法、例えばマスク露光を用いた露光装置などによって加工を行うことが行われている。

【0008】

例えば、半導体のウエハ基板（フォトマスク）等の基材の表面に所定を形状を描画加工するための露光装置などを上記光学素子の面への加工もしくは成型型の加工などに用いることが考えられる。しかしながら、ウエハ基板用の装置は、平坦な材料しか加工することができないという問題がある。また、ウエハ基板用の装置では、基材の加工深さは、照射する光の露光エネルギー量で制御するが、光学素子のための回折格子などの精密加工、或いは、フォトニック結晶の作成などの場合、照射される光の波長より短い構造をレンズのような非平面上に正確に形成する必要がある。そのため、上記制御手法の露光装置では求められるレベルの微細な加工には適さない。

【0009】

さらに、レーザービームによる加工が考えられるが、レーザービームではミクロンレベルの加工では用いられることがあるものの、ビーム径を光学的に制御しており、ビームの集束に限界がある。従って、サブミクロンレベル、特に光の波長に近いレベルの加工は困難である。また焦点深度についても深い焦点深度が得られず、オートフォーカス等のメカニカルな手段を常に用いる必要があり、これも精度の高い加工を阻む要因となっていた。特に、曲面形状（ここではマクロ的に変化する面を有する3次元形状を含む）を有する光学素子の描画で高い精度が要求された時には、この問題は顕著なものとなる。

【0010】

従って、平面状の基材を描画加工する場合は良いが、光レンズ用の成型型など、曲面等のダイナミックな3次元形状を有する基材に微細な形状を描画する場合には適さないという問題があった。

【0011】

そこで、このような光レンズ用の成型型を作製するために、その母型となる光学素子の光学機能面に回折構造を形成するべく、電子ビーム描画装置を用いて描画を行うことが試みられている（例えば、特許文献1参照）。

【0012】

この電子ビーム描画装置においては、光レンズの原型である基材の表面に対して電子ビームを照射し、これを所定の描画時間内に所定のドーズ量にて走査することで、バイナリー形状やブレード形状の回折構造を描画する。

【0013】

【特許文献1】

特願 2002-333722 号公報

(段落 [0061] - [0160]、第1図乃至第4図)

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、ドーズ量の最小分解能（以下、最小ドーズ分解能と称する）は、電子ビーム描画装置のD/A変換器の最小時間分解能により決定されるため、ドーズ量の調整は、特に、高い電流値にて時間をかけないように描画を行う場合には顕著に段階的となる。従って、ブレード形状の回折構造を描画する場合には、滑らかなブレード傾斜面を形成しようとしても、上述の最小ドーズ分解能の大きさに起因して、基材を現像後に得られるブレードの傾斜面部分の形状が階段状になってしまうという問題がある。

【0015】

このように、ブレードの傾斜面部分の形状が階段状になってしまうと、光レンズの光学特性が低下し、特に、回折効率の低下が招かれることとなる。また、製品の品質を鑑みた場合には、製品価値を低下させる要因にもなるため、光レンズの回折効率を向上させると共に、製品価値をも高めるためには、ブレードの傾斜面部分の形状は、可能な限り滑らかにする必要がある。

【0016】

そこで、このような問題を解決するべく、太いビーム径（例えば、電子ビームのデフォーカス位置）にて描画を行い、基材を現像後に得られるブレードの傾斜面部分の形状を滑らかにすることが考えられるが、このような場合には、ブレードのエッジ部分において、その立ち上がり形状が鈍くなるという問題が生じる。

【0017】

このように、ブレーズのエッジ部分の立ち上がり形状が鈍くなってしまっても、光レンズの光学特性が低下し、特に、回折効率の低下が招かれることとなる。また、製品の品質を鑑みた場合には、製品価値を低下させる要因にもなるため、光レンズの回折効率を向上させると共に、製品価値をも高めるためには、ブレーズのエッジ部分の立ち上がり形状は、可能な限り鋭くする必要がある。

【0018】

また一方で、太いビーム径にて照射される電子ビームは、外乱の影響を大きく受けるなどの欠点を有しており、また、例えばスポットビーム方式などの一般的な電子ビーム描画装置においては、電子ビームの径は、通常、数nmから数十nmの範囲に設定されているが、電子ビームの径をこれ以上に太くすると、収差などが生じて実用的でなくなるという問題が生じる。

【0019】

そこで、このような問題を解決するべく、細いビーム径にて描画を行いつつも、ブレーズの傾斜面部分を描画するべく電子ビームのドーズ量を第1のドーズ量から第2のドーズ量へ変化させる（但し、第1のドーズ量と第2のドーズ量の差は、D/A変換器の最小クロックに基づく最小調整単位のドーズ量となっている）際には、基材の第1のドーズ量にて描画される部分と第2のドーズ量にて描画される部分の間に、これら2つのドーズ量にて描画される部分が混在するドーズ混在傾斜部を設けることで、現像後には、ドーズ混在傾斜部を第1のドーズ量にて描画される部分と第2のドーズ量にて描画される部分の中間的な高さに形成して、結果として、ブレーズの傾斜面部分を滑らかにし、且つ、エッジ部分の立ち上がりを鋭く形成する手法が考えられる。

【0020】

しかしながら、上述のように、細いビーム径にてブレーズの傾斜面部分と、ブレーズのエッジ部分の双方、即ち、ブレーズ全体を描画する場合には、描画にかかる時間が多大になるという問題が生じる。

【0021】

このように、実際においては、ブレーズの傾斜面部分を描画する際には、これを滑らかに形成するために、太いビーム径にて描画を行うことが要求されるのに

対して、ブレードのエッジ部分を描画する際には、立ち上がりを鋭く形成するために、細いビーム径にて描画を行うことが要求されるのだが、現状の手法によっては、ブレードの傾斜面部分を滑らかに形成し、且つ、ブレードのエッジ部分の立ち上がりを鋭く形成すると同時に、ブレードを描画するのにかかる時間を短く抑えるということは不可能であった。

【0022】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、細いビーム径にて描画を行いつつ、傾斜面部分を滑らかに形成し、且つ、エッジ部分の立ち上がりを鋭く形成すると共に、描画にかかる時間をより短く抑えることができる電子ビーム描画方法を提供することにある。

【0023】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は、被描画対象である基材に対して電子ビームを主走査方向に走査すると共に、前記主走査方向の走査を副走査方向に繰り返すことによって、前記基材上に所定のパターンを描画する電子ビーム描画方法であって、前記所定のパターンの形状データを取得する取得ステップと、前記所定のパターンの形状データに基づいて、出射される電子ビームを、前記主走査方向に偏向させるための第1の入力信号と、前記副走査方向に偏向させるための第2の入力信号を生成する信号生成ステップと、前記所定のパターンの形状データに応じて特定の周波数を有する周波数信号を調整する周波数調整ステップと、前記第2の入力信号に対して、前記周波数信号を重畳する重畳ステップと、前記出射される電子ビームを、前記第1の入力信号に従って偏向させることで主走査方向に走査すると共に、前記周波数信号が重畳された前記第2の入力信号に従って偏向させることで副走査方向に走査する走査ステップと、を含むことを特徴とする。

【0024】

尚、基材は、電子ビームを主走査方向（図12（A）、（B）に示すX方向）に走査すると共に、前記主走査方向と直交する副走査方向（図12（A）、（B）に示すY方向）に、前記主走査方向の走査を繰り返すことによって描画される

ものである。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る電子ビーム描画方法の好適な一実施形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。

【0026】

[基材の構成]

まず、電子ビーム描画装置により描画される基材の構成について説明する。尚、本例においては、曲面形状を成す基材の一面に円描画を行いつつ、ブレード形状の回折格子構造を形成する場合を例に採り、以下に説明を続けるが、本発明はこれに限らず、例えば基材の一面は、平面等であっても良い。

【0027】

図1に、当該基材の現像処理後において、その一面に形成される描画パターン、並びに、その細部の形状を示す。図1に示すように、基材2の一面には、描画パターンの一例として円描画が施され、描画部分の一部であるE部分を拡大すれば、複数のブレード3からなる回折格子構造が形成されている。ブレード3は、傾斜部3b（傾斜面部分）及び側壁部3a（エッジ部分）を形成し、傾斜部3bは、周方向に沿って曲面状に複数段形成されている。

【0028】

より詳細には、図2に示すように、基材2は、少なくとも一面に形成された曲面部2aを有し、回折格子を傾けて各ピッチL1毎に形成し、この回折格子の少なくとも1ピッチL1に、当該ピッチの区切り目位置にて曲面部2aより立ち上がる側壁部3aと、隣接する各側壁部3a、3a間に形成された傾斜部3bと、側壁部3aと傾斜部3bとの境界領域に形成された溝部3cとが形成されている。

【0029】

傾斜部3bは、一端が一方の側壁部3aの基端に接し、他端が他方の側壁部3aの先端に接する傾斜面を構成している。尚、この複数のブレード3からなる回折格子構造は、後述するように、曲面部2a上に塗布された塗布剤（レジスト）

を電子ビーム描画装置により描画して、これを現像処理することで形成され、ブレース 3 の傾斜部 3 b は、後述する電子ビーム描画装置の描画により、滑らかな傾斜面を形成すると共に、側壁部 3 a 及び溝部 3 c、即ち、エッジ部は、後述する電子ビーム描画装置の描画により、鋭い立ち上がり形状を形成する。

【0030】

[電子ビーム描画装置の構成]

次に、上述の基材 2 を描画するために用いられる電子ビーム描画装置の具体的な構成について説明する。

【0031】

図 3 に、電子ビーム描画装置の全体構成を示す説明図を示す。図 3 に示すように、当該電子ビーム描画装置 1 は、大電流で高解像度の電子線プローブを形成して、これを高速に描画対象の基材 2 上で走査するものであり、高解像度の電子線プローブを形成し、電子ビームを生成してターゲットに対してビーム照射を行う電子ビーム照射手段である電子銃 12 と、この電子銃 12 からの電子ビームを通過させるスリット 14 と、スリット 14 を通過する電子ビームの前記基材 2 に対する焦点位置を制御するための電子レンズ 16 と、電子ビームが出射される経路上に配設されたアパーチャー 18 と、電子ビームを偏向させることでターゲットである基材 2 上の走査位置等を制御する偏向器 20 と、偏向を補正する補正用コイル 22 とを含み構成されている。尚、これら各部は、鏡筒 10 内に配設されて、電子ビーム出射時には真空状態に維持される。

【0032】

さらに、電子ビーム描画装置 1 は、描画対象となる基材 2 を載置するための載置台である XYZ ステージ 30 と、この XYZ ステージ 30 上の載置位置に基材 2 を搬送するための搬送手段であるローダ 40 と、XYZ ステージ 30 上の基材 2 の表面の基準点を測定するための測定手段である測定装置 80 と、XYZ ステージ 30 を駆動するための駆動手段であるステージ駆動手段 50 と、ローダを駆動するためのローダ駆動装置 60 と、鏡筒 10 内及び XYZ ステージ 30 を含む筐体 11 内を真空となるように排気を行う真空排気装置 70 と、これらの制御を司る制御手段である制御回路 100 と、を含み構成されている。

【0033】

尚、電子レンズ16は、高さ方向に沿って複数箇所に離間して設置される各コイル17a、17b、17cに電流を供給することで電子的なレンズを複数生成し、上述の電流値を制御することで、電子ビームの焦点位置及び焦点幅（ビームウエストの幅）を調整する。

【0034】

測定装置80は、基材2に対してレーザーを照射することで基材2を測定する第1のレーザー測長器82と、第1のレーザー測長器82にて発光されたレーザー光（第1の照射光）が基材2を反射し当該反射光を受光する第1の受光部84と、前記第1のレーザー測長器82とは異なる照射角度から照射を行う第2のレーザー測長器86と、前記第2のレーザー測長器86にて発光されたレーザー光（第2の照射光）が基材2を反射し当該反射光を受光する第2の受光部88と、を含み構成されている。

【0035】

ステージ駆動手段50は、XYZステージ30をX方向に駆動するX方向駆動機構52と、XYZステージ30をY方向に駆動するY方向駆動機構54と、XYZステージ30をZ方向に駆動するZ方向駆動機構56と、XYZステージ30を θ 方向に駆動する θ 方向駆動機構58とを含み構成されている。尚、この他、Y軸を中心とする α 方向に回転駆動可能な α 方向駆動機構、X軸を中心とする β 方向に回転駆動可能な β 方向駆動機構を設けて、ステージをピッチング、ヨーイング、ローリング可能に構成してもよい。これにより、XYZステージ30を3次元的に動作させたり、アライメントを行うことが可能になる。

【0036】

制御回路100は、電子銃12に電源を供給するための電子銃電源部102と、この電子銃電源部102での電流、電圧などを調整制御する電子銃制御部104と、電子レンズ16（複数の各電子的なレンズを各々）を動作させるためのレンズ電源部106と、このレンズ電源部106での各電子レンズに対応する各電流を調整制御するレンズ制御部108とを含み構成される。尚、電子銃電源部102は、電子銃12に電源を供給するための図示省略のD/A変換器を有してお

り、電子銃制御部 104 が、この図示省略の D/A 変換器における電流、電圧などを調整制御することで、電子銃 12 から照射される電子ビームのドーズ量が調整される。従って、この D/A 変換器の最小クロックに基づいて、当該電子ビーム描画装置の最小調整単位のドーズ量が決定されることとなる。

【0037】

さらに、制御回路 100 は、補正用コイル 22 を制御するためのコイル制御部 110 と、偏向器 20 にて成形方向の偏向を行う成形偏向部 112a と、偏向器 20 にて副走査方向の偏向を行うための副偏向部 112b と、偏向器 20 にて主走査方向の偏向を行うための主偏向部 112c と、成形偏向部 112a を制御するためにデジタル信号をアナログ信号に変換制御する高速 D/A 変換器 114a と、副偏向部 112b を制御するためにデジタル信号をアナログ信号に変換制御する高速 D/A 変換器 114b と、主偏向部 112c を制御するためにデジタル信号をアナログ信号に変換制御する高精度 D/A 変換器 114c とを含み構成される。

【0038】

さらに、制御回路 100 は、偏向器 20 における位置誤差を補正する、即ち、位置誤差補正信号などを各高速 D/A 変換器 114a、114b、及び高精度 D/A 変換器 114c に対して供給して位置誤差補正を促す、或いは、コイル制御部 110 に対して当該信号を供給することで補正用コイル 22 にて位置誤差補正を行う位置誤差補正回路 116 と、これら位置誤差補正回路 116 並びに各高速 D/A 変換器 114a、114b 及び高精度 D/A 変換器 114c を制御して電子ビームの電界を制御する電界制御手段である電界制御回路 118 と、描画パターンなどを基材 2 に対して形成するためのパターン発生回路 120 とを含み構成される。因みに、パターン発生回路 120 は、メモリ 160 に格納される各種描画パターンの形状に関する情報に基づいて、所定の描画パターンを生成する。これにより、所定のパターン形状データが取得される。

【0039】

さらに、制御回路 100 は、第 1 のレーザー測長器 82 を上下左右に移動させることによるレーザー照射位置の移動及びレーザー照射角の角度等の駆動制御を

行う第1のレーザー駆動制御回路130と、第2のレーザー測長器86を上下左右に移動させることによるレーザー照射位置の移動及びレーザー照射角の角度等の駆動制御を行う第2のレーザー駆動制御回路132と、第1のレーザー測長器82でのレーザー照射光の出力（レーザーの光強度）を調整制御するための第1のレーザー出力制御回路134と、第2のレーザー測長器86でのレーザー照射光の出力を調整制御するための第2のレーザー出力制御回路136と、第1の受光部84での受光結果に基づき、測定結果を算出するための第1の測定算出部140と、第2の受光部88での受光結果に基づき、測定結果を算出するための第2の測定算出部142とを含み構成される。

【0040】

さらに、制御回路100は、ステージ駆動手段50を制御するためのステージ制御回路150と、ロード駆動装置60を制御するロード制御回路152と、上述の第1、第2のレーザー駆動回路130、132・第1、第2のレーザー出力制御回路134、136・第1、第2の測定算出部140、142・ステージ制御回路150・ロード制御回路152を制御する機構制御回路154と、真空排気装置70の真空排気を制御する真空排気制御回路156と、測定情報を入力するための測定情報入力部158と、入力された情報や他の複数の情報を記憶するための記憶手段であるメモリ160と、各種制御を行うための制御プログラムを記憶したプログラムメモリ162と、これらの各部の制御を司る、例えばCPUなどにて形成された制御部170とを含み構成されている。

【0041】

また、当該電子ビーム描画装置1では、測定情報入力部158などを含む、所謂「操作系」乃至は「操作手段」においては、アナログスキャン方式／デジタルスキャン方式の選択、基本的な形状の描画パターンの複数からの選択等、各種コマンド操が可能となっている。

【0042】

上述のような構成を有する電子ビーム描画装置1において、ロード40によって搬送された基材2がXYZステージ30上に載置されると、真空排気装置70によって鏡筒10及び筐体11内の空気やダストなどを排気した後、電子銃12

から電子ビームが照射される。

【0043】

電子銃 12 から照射された電子ビームは、電子レンズ 16 を介して偏向器 20 により偏向され、偏向された電子ビーム B（以下、この電子レンズ 16 を通過後の偏向制御された電子ビームに関してのみ「電子ビーム B」と符号を付与することがある）は、XYZ ステージ 30 上の基材 2 の表面、例えば曲面部（曲面）2a 上の描画位置に対して照射されることで描画が行われる。

【0044】

この際に、測定装置 80 によって、基材 2 上の描画位置（描画位置のうち少なくとも高さ位置）、若しくは後述するような基準点の位置が測定され、制御回路 100 は、当該測定結果に基づき、電子レンズ 16 のコイル 17a、17b、17c などに流れる各電流値などを調整制御して、電子ビーム B の焦点深度の位置、即ち焦点位置を制御し、当該焦点位置が前記描画位置となるように移動制御される。

【0045】

或いは、測定結果に基づき、制御回路 100 は、ステージ駆動手段 50 を制御することにより、前記電子ビーム B の焦点位置が前記描画位置となるように XYZ ステージ 30 を移動させる。

【0046】

また、本例においては、電子ビームの制御、XYZ ステージ 30 の制御の何れか一方の制御によって行っても、双方を利用して行ってもよい。

【0047】

（測定装置）

次に、測定装置 80 について、図 4 を参照しつつ説明する。測定装置 80 は、より詳細には、図 4 に示すように、第 1 のレーザー測長器 82、第 1 の受光部 84、第 2 のレーザー測長器 86、第 2 の受光部 88 などを有する。

【0048】

第 1 のレーザー測長器 82 により電子ビームと交差する方向から基材 2 に対し第 1 の光ビーム S1 を照射し、基材 2 を透過する第 1 の光ビーム S1 の受光に

よって、第1の光強度分布が検出される。

【0049】

この際に、図4に示すように、第1の光ビームS1は、基材2の平坦部2bにて反射されるため、第1の光強度分布に基づき、基材2の平坦部2b上の（高さ）位置が測定算出されることになる。しかし、この場合には、基材2の曲面部2a上の（高さ）位置を測定することができない。

【0050】

そこで、本例においては、さらに第2のレーザー測長器86を設けている。即ち、第2のレーザー測長器86によって、第1の光ビームS1と異なる電子ビームとほぼ直交する方向から基材2に対して第2の光ビームS2を照射し、基材2を透過する第2の光ビームS2が第2の受光部88に含まれるピンホール84を介して受光されることによって、第2の光強度分布が検出される。

【0051】

この場合、図5（A）～（C）に示すように、第2の光ビームS2が曲面部2a上を透過することとなるので、前記第2の光強度分布に基づき、基材2の平坦部2bより突出する曲面部2a上の（高さ）位置を測定算出することができる。

【0052】

具体的には、第2の光ビームS2がXY基準座標系における曲面部2a上のある位置（x、y）の特定の高さを透過すると、この位置（x、y）において、図5（A）～（C）に示すように、第2の光ビームS2が曲面部2aの曲面にて当たることにより散乱光SS1、SS2が生じ、この散乱光分の光強度が弱まることとなる。このようにして、図6に示すように、第2の受光部88にて検出された第2の光強度分布に基づき、位置が測定算出される。

【0053】

この算出の際には、図6に示すように、第2の受光部88の信号出力Opは、図7に示す特性図のような、信号出力Opと基材の高さとの相関関係を有するので、制御回路100のメモリ160などにこの特性、即ち相関関係を示した相関テーブルを予め格納しておくことにより、第2の受光部88での信号出力Opに基づき、基材の高さ位置を算出することができる。

【0054】

そして、この基材の高さ位置を、例えば描画位置として、前記電子ビームの焦点位置の調整が行われ描画が行われることとなる。

【0055】

(描画位置算出の原理の概要)

次に、当該電子ビーム描画装置 1 における、描画を行う場合の描画位置算出の原理の概要について説明する。

【0056】

まず、基材 2 は、図 8 (A)、(B) に示すように、例えば樹脂等による光学素子例えば光レンズ等にて形成されることが好ましく、断面略平板状の平坦部 2b と、この平坦部 2b より突出形成された曲面をなす曲面部 2a と、を含んで構成されている。この曲面部 2a の曲面は、球面に限らず、非球面などの他のあらゆる高さ方向に変化を有する自由曲面であってよい。

【0057】

このような基材 2 において、予め基材 2 を XYZ ステージ 30 上に載置する前に、基材 2 上の複数例えば 3 個の基準点 P00、P01、P02 を決定してこの位置を測定しておく（第 1 の測定）。これによって、例えば、基準点 P00 と P01 により X 軸、基準点 P00 と P02 により Y 軸が定義され、3 次元座標系における第 1 の基準座標系が算出される。ここで、第 1 の基準座標系における高さ位置を $H_0(x, y)$ （第 1 の高さ位置）とする。これによって、基材 2 の厚み分布の算出を行うことができる。

【0058】

一方、基材 2 を XYZ ステージ 30 上に載置した後も、同様の処理を行う。即ち、図 8 (A) に示すように、基材 2 上の複数例えば 3 個の基準点 P10、P11、P12 を決定してこの位置を測定しておく（第 2 の測定）。これによって、例えば、基準点 P10 と P11 により X 軸、基準点 P10 と P12 により Y 軸が定義され、3 次元座標系における第 2 の基準座標系が算出される。

【0059】

さらに、これらの基準点 P00、P01、P02、P10、P11、P12 に

より第1の基準座標系を第2の基準座標系に変換するための座標変換行列などを算出して、この座標変換行列を利用して、第2の基準座標系における前記H o (x、y) に対応する高さ位置H p (x、y) (第2の高さ位置) を算出して、この位置を最適フォーカス位置、即ち描画位置として電子ビームの焦点位置が合わされるべき位置とすることとなる。これにより、上述の基材2の厚み分布の補正を行うことができる。

【0060】

尚、上述の第2の測定は、電子ビーム描画装置1の第1の測定手段である測定装置80を用いて測定することができる。

【0061】

そして、第1の測定は、予め別の場所において他の測定装置を用いて測定しておく必要がある。このような、基材2をXYZステージ30上に載置する前に予め基準点を測定するための測定装置としては、上述の測定装置80と全く同様の構成の測定装置(第2の測定手段)を採用することができる。

【0062】

この場合、測定装置からの測定結果は、例えば、図3に示す測定情報入力部158にて入力されたり、制御回路100と接続される不図示のネットワークを介してデータ転送されて、メモリ160などに格納されることとなる。もちろん、この測定装置が不要となる場合も考えられる。

【0063】

上記のようにして、描画位置が算出されて、電子ビームの焦点位置が制御されて描画が行われることとなる。

【0064】

具体的には、図8(C)に示すように、電子ビームの焦点深度F Z (ビームウエストBW=ビーム径の最も細い所) の焦点位置を、3次元基準座標系における単位空間の1フィールド(m=1)内の描画位置に調整制御する。(この制御は、上述したように、電子レンズ16による電流値の調整もしくはXYZステージ30の駆動制御の何れか一方又は双方によって行われる。) 尚、本例においては、1フィールドの高さ分を焦点深度F Z より長くなるように、フィールドを設定

してあるがこれに限定されるものではない。ここで、焦点深度 FZ とは、図 9 に示すように、電子レンズ 16 を介して照射される電子ビーム B において、ビームウエスト BW が有効な範囲の高さを示す。因みに、上述のように、ビームウエスト BW の幅は、電子レンズ 16 のコイル 17 a、17 b、17 c などに流れる各電流値を制御することで調整される。尚、電子ビーム B の場合、図 9 に示すように、電子レンズ 16 の幅 D、電子レンズ 16 よりビームウエスト BW までの深さ f とすると、 D/f は、0.01 程度であり、例えば 50 nm 程度の解像度を有し、焦点深度は例えば数十 μ 程度ある。

【0065】

そして、図 8 (C) に示すように、例えば 1 フィールド内を Y 方向にシフトしつつ順次 X 方向に走査することにより、1 フィールド内の描画が行われることとなる。さらに、1 フィールド内において、描画されていない領域があれば、当該領域についても、上述の焦点位置の制御を行いつつ Z 方向に移動し、同様の走査による描画処理を行うこととなる。

【0066】

次に、1 フィールド内の描画が行われた後、他のフィールド、例えば $m=2$ のフィールド、 $m=3$ のフィールドにおいても、上述同様に、測定や描画位置の算出を行いつつ描画処理がリアルタイムで行われることとなる。このようにして、描画されるべき描画領域について全ての描画が終了すると、基材 2 の表面における描画処理が終了することとなる。

【0067】

尚、本例では、この描画領域を被描画層とし、この被描画層における曲面部 2 a の表面の曲面に該当する部分を被描画面としている。

【0068】

さらに、上述のような各種演算処理、測定処理、制御処理などの処理を行う処理プログラムは、プログラムメモリ 162 に予め制御プログラムとして格納されることとなる。

【0069】

(制御系)

次に、当該電子ビーム描画装置 1 における制御系について、図 10 を参照しつつ説明する。

【0070】

図 10 に示すように、メモリ 160 には、形状記憶テーブル 161 が格納されており、この形状記憶テーブル 161 には、基材 2 の曲面部 2a に描画するブレーズ 3 の側壁部 3a 及び傾斜部 3b の各走査位置に対応するドーズ分布を予め定義したドーズ分布情報 161a や、同じく、ブレーズ 3 の側壁部 3a 及び傾斜部 3b の各走査位置に対応するビーム径を予め定義したビーム径情報 161b や、その他の情報 161d が含まれている。

【0071】

また、プログラムメモリ 162 には、制御部 170 が後述する処理を行うための処理プログラム 163a や、その他の処理プログラム 163c が格納されている。

【0072】

因みに、図 10 に示す設定手段 181 は、メモリ 160 の形状記憶テーブル 161 に格納されるドーズ分布情報 161a やビーム径情報 161b などを設定するためのものである。また、表示手段 182 は、例えば走査線毎のドーズ分布情報等を表示するためのものである。

【0073】

このような構成において、制御部 170 は、処理プログラム 163a に従って、メモリ 160 の形状記憶テーブル 161 に格納されるドーズ分布情報 161a とビーム径情報 161b に基づいて、ブレーズ 3 の側壁部 3a 及び傾斜部 3b の各走査位置に対応するドーズ量を算出すると共に、プローブ電流、走査ピッチ及び電子ビーム B の径を算出する。

【0074】

さらに、制御部 170 は、算出したプローブ電流、走査ピッチ及び電子ビーム B の径に基づいて、電子銃制御部 104、電界制御回路 118 及びレンズ制御部 108 などの制御を行う。これにより、描画を行う際のプローブ電流、走査ピッチ及び電子ビーム B の径は適切化され、描画した基材 2 を現像した後には、所定

の形状を得ることができる。

【0075】

尚、電子ビームBの径は、アパーチャー18の開口部の大きさを変更することでも調整することができる。

【0076】

(周波数重畳回路)

次に、本発明の特徴部分である副偏向部112b、より詳細には、副偏向部112bを構成する周波数重畳回路について、図11を参照しつつ説明する。

【0077】

図11に示すように、副偏向部112bは、電界制御回路118において生成され、高速D/A変換機114bからの入力された偏向信号に基づいて、例えば当該装置において定義されるX方向に関する偏向信号、より詳細には、X方向に関する“+”と“-”の位相の偏向信号を偏向器20の対向配置される偏向板21a、21bの各々に出力する入出力回路113a、113bと、X方向と直交するY方向に関する偏向信号、より詳細にはY方向に関する“+”と“-”の位相の偏向信号を偏向器20の対向配置される偏向板21c、21dの各々に出力する入出力回路113c、113dと、これら入出力回路113a、113b及び入出力回路113c、113dの内、何れかの位相側（本例においては、“-”の位相側である入出力回路113b、113d）に入力される信号に対して、特定の周波数を有する周波数信号（例えば高周波信号）を重畳する周波数重畳回路115と、を含んで構成されている。因みに、入出力回路113b、113dは、高速D/A変換機114bから入力され、入出力回路113a、113cを経由した電子ビームBの偏向信号と、周波数重畳回路115からの周波数信号とを加算処理することで、これらを重畳すると共に、その極性を反転させる。また、これら入出力回路113b、113dは、通常の演算回路によって構成することができる。

【0078】

上述したように、電子銃12から照射された電子ビームは、電子レンズ16を介して偏向器20により偏向され、偏向された電子ビームBは、XYZステージ

30上の基材2の表面、例えば曲面部2a上の描画位置に対して照射され、描画が行われる。この際、基材2の曲面部2aにブレード形状の回折構造を成形する場合には、制御部170による制御の下、上述のような構成を有する副偏向部112bによって、以下に説明するような電子ビームの描画が行われる。

【0079】

尚、以下においては、上述した“予め当該装置において定義されるX方向”と“X方向と直交するY方向”は、それぞれ電子ビームBの主走査方向と副走査方向に一致することとする。これに伴い、X方向に関する偏向信号は、本発明の「第1の入力信号」に対応することになる。また、Y方向に関する偏向信号は、本発明の「第2の入力信号」に対応することになる。

【0080】

例えば基材2の曲面部2aにピッチD₃のブレード形状の回折構造を成形する場合、従来においては、図12(A)に示すように、例えば電子ビームBの径（以下、ビームウエストBWとする）を電子レンズ16によって径D₁に調整して、これを被描画層であるレジスト層Lにおいて、図におけるX方向に直線的に、例えばn回走査することで、ブレード3の側壁部3a及び傾斜部3bの描画を行っていた。

【0081】

一方、当該電子ビーム描画装置1においては、図12(B)に示すように、例えば電子ビームBのビームウエストBWを電子レンズ16によって径D₂=D₁に調整して、これを被描画層であるレジスト層Lにおいて、図におけるX方向に、例えばm回（ $m \leq n$ ）走査することで、ブレード3の側壁部3a及び傾斜部3bの描画を行う。

【0082】

尚、当該電子ビーム描画装置1においては、図13(A)、(B)に示すように、副偏向部112bの周波数重畳回路115によって、電子ビームBの副走査方向であるY方向に関する偏向信号、より詳細には、入出力回路113dに入力されるY方向に関する偏向信号に対して、周波数信号を重畳することで、図12(B)に示すように、電子ビームBを被描画層であるレジスト層Lにおいて、図

における Y 方向に振ることにより、電子ビーム B を蛇行させながら X 方向に走査して、ブレード 3 の傾斜部 3 b の描画を行う。

【0083】

但し、上述の周波数信号は、ブレード 3 の形状に基づいて、その振幅が調整されたものとなっており、その調整は、図 12 (B) に示すように、電子ビーム B の走査線の軌跡に関する振幅が、ブレード 3 の傾斜部 3 b の中央部において最大となり、ブレード 3 の側壁部 3 a に近づくにつれ小さくなるように行われる。尚、この詳細については後述する。

【0084】

因みに、このような調整が行われる理由は、上述したように、ブレード 3 の傾斜部 3 b を描画する際には、これを滑らかに形成するために、太いビーム径にて描画を行うことが要求されるのに対して、ブレード 3 の側壁部 3 a 近傍を描画する際には、立ち上がりを鋭く形成するために、細いビーム径にて描画を行うことが要求されるからである。即ち、当該電子ビーム描画装置 1 においては、ブレード 3 の傾斜部 3 b を描画する際に、図 14 (A)、(B) に示すように、電子ビーム B を副走査方向 (Y 方向) に振ることにより、電子ビーム B を蛇行させながら主走査方向 (X 方向) に走査することで、あたかも電子ビームを太いビーム径にて走査したのと同様の描画を行う。

【0085】

尚、本例においては、X 方向と電子ビーム B の主走査方向とが一致しているので、X 方向に関する偏向信号、より詳細には、入出力回路 113 b に入力される X 方向に関する偏向信号に対して周波数信号を重畳する必要はない。

【0086】

さらに、当該電子ビーム描画装置 1 においては、上述した電子ビーム B の副走査方向である Y 方向に関する偏向信号に対して重畳する周波数信号の振幅に応じて、隣接する電子ビーム B の走査ピッチ (描画間隔) を調整する制御を行う。尚、この詳細については後述する。

【0087】

ところで、本例においては、当該電子ビーム描画装置 1 によって、従来と同様

に基材 2 の曲面部 2 a にピッチ D_3 のブレード形状の回折構造を成形する場合に、従来の場合と比べて電子ビームを走査する回数を少なくすることができる。これは、図 14 (A)、(B) から明らかなように、電子ビーム B を、図における Y 方向に振ることにより、電子ビーム B を蛇行させながら X 方向に走査する場合には、ビームウエスト BW の幅 D_2 は、従来におけるビームウエスト BW の幅 D_1 と同様の値であっても、それ以上の範囲を描画することができるからである。因みに、これら何れの場合であっても、電子ビーム B を X 方向に走査する速度は同じである。その理由は、これら何れの場合であっても、電子ビーム B の主走査方向である X 方向に関する偏向信号、より詳細には、入出力回路 113 a、113 b に入力される X 方向に関する偏向信号は同様だからである。

【0088】

従って、当該電子ビーム描画装置 1 においては、電子ビーム B を副走査方向に振ることにより、電子ビーム B を蛇行させながら走査することで、従来の場合と比較してより広範囲の部分を描画することができるため、描画を行う際の電子ビーム B の走査回数を減少させることができ、より短時間で描画を終了させることができる。また、走査回数を従来の場合と同等とした場合においても、より滑らかな形状を得る効果が得られる。

【0089】

ところで、このような場合には、被描画層であるレジスト L の単位面積当たりのドーズ量は低下するため、制御部 170 の制御の下、電子銃制御部 104 が、電子銃電源部 102 における電流、電圧などを調整制御することで、電子銃 12 から照射される電子ビーム B の照射量を調整（多く）して、ドーズ量を従来の場合と同等にする。

【0090】

図 11 に戻って、周波数重畳回路 115 は、制御部 170 からのゲイン外部コントロール信号に従って、入出力回路 113 b、113 d に入力される信号に重畳する周波数信号の振幅を各々調整する可変ゲイン回路 117 a、117 b と、入出力回路 113 b、113 d に入力される信号に重畳する周波数信号の周波数を調整する可変周波数回路 119 と、を含んで構成されている。因みに、可変ゲ

イン回路 117a、117b は、可変抵抗減衰器などによって構成することができる。また、可変周波数回路 119 は、VCO (Voltage Controlled Oscillator) などによって構成することができる。

【0091】

これにより、当該電子ビーム描画装置 1 においては、図 12 (B) に示すように、電子ビーム B を被描画層であるレジスト層 L において、図における Y 方向に振ることにより、電子ビーム B を蛇行させながら X 方向に走査する際の走査線の軌跡に関する振幅 A_1 、 A_2 ($A_1 > A_2$) を調整することができる。

【0092】

即ち、例えば、可変ゲイン回路 117b によって、ブレード 3 の形状に基づいて、電子ビーム B の走査線の軌跡に関する振幅が、ブレード 3 の傾斜部 3b の中央部において最大となり、ブレード 3 の側壁部 3a に近づくにつれ小さくなるように、電子ビーム B の副走査方向である Y 方向に関する偏向信号、より詳細には、入出力回路 113d に入力される Y 方向に関する偏向信号に対して重畳される周波数信号の振幅を調整することで、図 12 (B) に示すように、電子ビーム B を被描画層であるレジスト層 L において、図における Y 方向に振ることにより、電子ビーム B を蛇行させながら X 方向に走査する際の走査線の軌跡に関する振幅 A_1 、 A_2 を $A_1 > A_2$ となるように調整することができる。

【0093】

尚、電子ビーム B の副走査方向である Y 方向に関する偏向信号、より詳細には、入出力回路 113d に入力される Y 方向に関する偏向信号に対して重畳される周波数信号は、所謂、高周波信号であり、偏向器 20 の応答周波数帯域 (カットオフ周波数) に近いたため、例えば可変周波数回路 119 によって、電子ビーム B を被描画層であるレジスト層 L において、図における Y 方向に振ることにより、電子ビーム B を蛇行させながら X 方向に走査する際の走査線の軌跡に関する周波数を調整することも可能である。

【0094】

尚、上述したように、入出力回路 113b、113d に入力される信号に重畳する周波数信号の振幅は、制御部 170 からのゲイン外部コントロール信号に従

って、可変ゲイン回路 117a、117b が調整する。

【0095】

この際、制御部 170 は、ブレード 3 の形状に関する情報等をメモリ 160 の形状記憶テーブル 161 から得て、プログラムメモリ 162 に格納された処理プログラムに従って演算処理を行うことで、ブレード 3 の形状に応じた周波数信号の振幅を算出して、その振幅に関する情報を上述のゲイン外部コントロール信号として可変ゲイン回路 117a、117b に送信する。

【0096】

ところで、制御部 170 は、上述の可変ゲイン回路 117b による電子ビーム B の走査線の軌跡に関する振幅の調整に関する制御に加えて、隣接する電子ビーム B の走査ピッチ（描画間隔）を調整する制御を行う。具体的には、制御部 170 は、描画間隔 W_1 （図 12（B）を参照のこと）を、ビームウエスト BW の幅 D_2 と、電子ビーム B の走査線の軌跡に関する振幅 A_1 、 A_2 と、電子ビーム B の走査線の軌跡に関する周波数 $1/T_1$ とから決定される近接効果による影響（描画影響範囲）を鑑みて、互いの描画影響範囲が重なることなく、且つ、描画影響範囲から漏れる部分がなくなる値に決定する。因みに、このビームウエスト BW の幅と、電子ビーム B の走査線の軌跡に関する振幅及び周波数から決定される近接効果による影響、即ち、描画影響範囲に関する情報は、予め、メモリ 160 にその他の情報 161d として格納されている。

【0097】

この際、制御部 170 は、上述した周波数信号の振幅及び周波数に関する情報と、メモリ 160 にその他の情報 161d として格納される描画影響範囲に関する情報とに基づいて、プログラムメモリ 162 に格納された処理プログラムに従って演算処理を行うことで、隣接する電子ビーム B の描画間隔を算出して、さらに、電界制御回路 118 を制御することで、その描画間隔に電子ビーム B の走査ピッチを調整する制御を行う。

【0098】

（描画処理）

ここで、上述した当該電子ビーム描画装置 1 におけるブレード 3 の描画処理に

関する流れについて、図 15 及び図 16 を参照しつつ説明する。尚、図 15 及び図 16 に記載する符号は、互いに対応させてある。

【0099】

<取得ステップ>

図 15 に示すように、基材 2 の曲面部 2 a にブレード形状の回折構造を描画する場合には、まず、制御部 170 は、メモリ 160 の形状記憶テーブル 161 に格納されるブレード 3 の形状に関する情報に基づいて (S01)、パターン発生回路 120 により描画パターンに関する情報を作成する。これにより、パターン形状データが取得される (S02)。尚、この際、描画するブレード 3 の本数や、これを描画するためのフィールドの分割数などが決定される。

【0100】

次に、制御部 170 は、プログラムメモリ 162 に格納された処理プログラムに従って演算処理を行うことで、第 1 のブレード 3 (最初に描画するブレード) に関する描画データ、具体的には、ブレード 3 の形状に応じたドーズ関数 $D(x)$ [$x = p/P$] の決定及びピッチ P の設定を行う (S03)。尚、符号 p は、第 p 番目に描画する走査ラインに関するピッチのことである。また、符号 P は、ブレード 3 のピッチのことである。

【0101】

<走査ピッチ調整ステップ>

まず、制御部 170 は、 $n = 0$ (n : 初期設定値) とした上で (S04)、 $p = n (= 0)$ ラインの描画座標を算出する (S05)。

【0102】

<信号生成ステップ>

次に、制御部 170 は、 $p = n (= 0)$ ラインの偏向信号を生成する (S06)。具体的には、電界制御回路 118 により、 $p = n (= 0)$ ラインを描画するために、副偏向部 112 b に入力する偏向信号を生成する。

【0103】

<周波数調整ステップ>

次に、制御部 170 は、副偏向部 112 b の周波数重畳回路 115 により、 p

= n (= 0) ラインの偏向信号に重畳する周波数信号を生成する (S 0 7)。尚、この際、周波数信号の振幅の調整が行われる。

【0104】

<判別ステップ>

次に、制御部 170 は、 $p < A$ (図 16 参照) であるか否かを判断する (S 0 8)。当然、最初は $p (= 0) < A$ であるため (S 0 8、Yes)、制御部 170 は、 $p = n (= 0)$ ラインをドーズ関数 $D(x)$ [$x = p/P$] で与えられるドーズ量に従った走査速度で描画する (S 0 9)。

【0105】

次に、制御部 170 は、 $n = P$ であるか否かを判断する (S 1 0)。当然、最初は $n (= 0) = P$ でないため (S 1 0、No)、次に、 $n = n + 1 (= 1)$ として (S 1 1)、 $p = n (= 1)$ ラインの描画座標を算出する (S 0 5)。以下、このような S 0 5 から S 1 1 までの工程は、 $p > A$ となるまで繰り返される。

【0106】

尚、図 15 の S 0 5 ~ S 0 9、S 1 2 及び図 16 に示す符号 p は、第 p 番目に描画する走査ラインに関するピッチである。また、図 15 の S 0 8 及び図 16 に示す符号 A は、上述した副偏向部 112b の周波数重畳回路 115 による周波数信号の重畳を行わない範囲を示すピッチであり、予め、設定手段 181 により、メモリ 160 にその他の情報 161d として設定される。

【0107】

<重畳ステップ>

そして、 $p > A$ となった場合には (S 0 8、No)、次に、制御部 170 は、 $p > P - B$ であるか否かを判断する (S 1 2)。当然、最初は $p < P - B$ (図 16 参照) であるため (S 1 2、No)、ここで、制御部 170 は、上述した副偏向部 112b の周波数重畳回路 115 による周波数信号の重畳を開始する (S 1 3)。

【0108】

<走査ステップ>

次に、制御部 170 は、 $p = n$ ラインをドーズ関数 $D(x)$ [$x = p/P$] で

与えられるドーズ量に従った走査速度で描画する (S09)。但し、この際には、上述した副偏向部 112b の周波数重畳回路 115 により、電子ビーム B の副走査方向である Y 方向に関する偏向信号、より詳細には、入出力回路 113d に入力される Y 方向に関する偏向信号に対して、周波数信号が重畳されるので、電子ビーム B は、副走査方向に振られることにより、蛇行されながら走査される。

【0109】

次に、制御部 170 は、 $n = P$ であるか否かを判断する (S10)。当然、 $n = P$ でないため (S10、No)、次に、 $n = n + 1$ とし (S11)、 $p = n$ ラインの描画座標を算出する (S05)。以下、このような S05 から S11 までの工程、即ち、〈走査位置調整ステップ〉～〈走査ステップ〉は、 $p > P - B$ となるまで繰り返される。

【0110】

尚、図 15 の S12 及び図 16 に示す符号 B は、上述した副偏向部 112b の周波数重畳回路 115 による周波数信号の重畳を行わない範囲を示すピッチであり、予め、設定手段 181 により、メモリ 160 にその他の情報 161d として設定される。

【0111】

そして、 $p > P - B$ となった場合には (S12、Yes)、制御部 170 は、上述した副偏向部 112b の周波数重畳回路 115 による周波数信号の重畳を終了する (S14)。次に、 $p = n$ ラインをドーズ関数 $D(x)$ [$x = p/P$] で与えられるドーズ量に従った走査速度で描画する (S09)。次に、 $n = P$ であるか否かを判断する (S10)。当然、 $n = P$ でないため (S10、No)、次に、 $n = n + 1$ とし (S11)、 $p = n$ ラインの描画座標を算出する (S05)。以下、このような S05 から S11 までの工程、即ち、〈走査位置調整ステップ〉～〈走査ステップ〉は、 $n = P$ となるまで繰り返される。

【0112】

そして、 $n = P$ となった場合には (S10、Yes)、次に、全てのブレード 3 の描画が完了したか否かを判断する (S15)。当然、最初は、描画は完了していないため (S15、No)、次のブレード 3 に関する描画データを作成する

(S16)。以降、S04からS16までの工程、即ち、＜走査位置調整ステップ＞～＜走査ステップ＞は、全てのブレード3の描画が完了するまで繰り返される(S15、Yes)。

【0113】

[金型の製造方法]

上述においては、本発明に係る電子ビーム描画装置によって、基材上に回折光子などの精密加工を施す工程について開示したが、以下においては、上述の工程を含むプロセス全体の工程、即ち、光学素子等の光レンズを成形によって製造するための金型を製造する工程について説明する。

【0114】

まず、機械加工により金型（無電解ニッケル等）の加工を行う（加工工程）。次に、図17（A）に示すように、金型により所定の曲面からなる母光学面を有する基材200Aを樹脂成形する（樹脂成形工程）。さらに、基材200Aを洗浄した後に乾燥を行う。

【0115】

次いで、基材200Aの表面処理を行う（樹脂表面処理工程）。この工程では、例えばAu蒸着などの工程を行うこととなる。具体的には、図17（B）に示すように、基材200Aの位置決めを行い、レジストLを滴下しつつスピナーを回転させて、スピコートを行う。また、プリベークなども行う。これにより、母光学面上にレジスト膜が形成された基材200Bが得られる。

【0116】

スピコーティングの後には、当該レジスト膜の膜厚測定を行い、レジスト膜の評価を行う（レジスト膜評価工程）。さらに、図17（C）に示すように、基材200Bの位置決めを行い、当該基材200BをX、Y、Z軸にて各々制御しつつ、基材200B上に形成すべき所定のパターン（ここでは回折格子構造）に応じて、当該レジスト膜に電子ビームBによる描画（露光）を行う。

【0117】

次に、基材200B上のレジスト膜Lの表面平滑化処理を行う（表面平滑化工程）。さらに、図17（D）に示すように、基材200Bの位置決めなどを行い

つつ、現像処理を行う（現像工程）。この際、電子ビームBの描画による描画影響範囲、即ち、露光部分が取り除かれ、基材200Bの母光学面上に所定のパターン202が形成される。さらに、表面硬化処理を行う。

【0118】

次いで、SEM観察や膜厚測定器などにより、レジスト形状を評価する工程を行う（レジスト形状評価工程）。

【0119】

ここで、所定の形状を得るためにエッチングが必要な場合、即ち、現像工程において得られたレジスト形状を、さらにエッチングすることにより所定の形状を得る場合には、ドライエッチングなどによりエッチング処理を行う。このようにして、所定の構造を有する金型のマスターとなる母型が得られる。そして、母型200Cのレジスト表面への金属の蒸着を行い、金型電鍍前処理を行う（金属蒸着工程）。

【0120】

次に、図17（E）に示すように、表面処理がなされた母型200Cに対し、電鍍処理などを行い、母型200C上の所定の構造が転写された電鍍部材203を作成する。次に、図17（F）に示すように、母型200Cと電鍍部材203とを剥離する処理を行い、また、外形を加工することにより金型204を得る。

【0121】

次に、表面処理がなされた母型200Cと剥離した金型204に対して、表面処理を行う（金型表面処理工程）。そして、金型204の評価を行う。

【0122】

以上のようにして、後述する光学素子を射出成形するための成形型を容易に製造することができる。

【0123】

[光学素子の製造方法]

上述においては、光学素子等の光レンズを成形によって製造するための金型を製造する工程について説明したが、以下においては、上述の工程を含むプロセス全体の工程、即ち、光学素子等の光レンズを成形によって製造する工程について

説明する。

【0124】

上述した評価後の金型 204 を用いて、図 18 (A) に示すように、成形品 300 を得るための樹脂成形を行う（樹脂成形工程）。次に、図 18 (B) に示すように、当該成形品 300 を洗浄した後に乾燥を行う。さらに、当該成形品 300 の評価を行う。ここで評価が良しとされれば、当該成形品 300 は、製品としての光学素子とされる。

【0125】

以上のようにして、光学素子を容易に製造することができる。

【0126】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明に係る電子ビーム描画方法によれば、細いビーム径にて描画を行いつつ、傾斜面部分を滑らかに形成し、且つ、エッジ部分の立ち上がりを鋭く形成すると共に、描画にかかる時間をより短く抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

光学素子の原型である基材の一実施形態における概略構成について説明するための説明図である。

【図 2】

図 1 に示す基材の要部を詳細について説明するための説明図である。

【図 3】

電子ビーム描画装置の一実施形態における全体構成について説明するための説明図である。

【図 4】

図 1 に示す電子ビーム描画装置の測定装置における測定原理について説明するための説明図である。

【図 5】

同図 (A) ～ (C) は、基材の面高さを測定する手法について説明するための

説明図である。

【図 6】

図 1 に示す電子ビーム描画装置の測定装置の投光及び受光の関係について説明するための説明図である。

【図 7】

測定装置の受光部からの信号出力と基材の高さとの関係を示す特性図である。

【図 8】

同図 (A) (B) は、図 1 に示す電子ビーム描画装置にて描画される基材を示す説明図であり、同図 (C) は、その描画原理を説明するための説明図である。

【図 9】

電子ビームのビームウエストについて説明するための説明図である。

【図 10】

図 1 に示す電子ビーム描画装置の制御系の詳細を表す機能ブロック図である。

【図 11】

図 1 に示す電子ビーム描画装置の副偏向部を含む周辺部の構成について説明するための説明図である。

【図 12】

同図 (A) は、ブレードを成形する場合に、従来において行われる描画方法について説明するための説明図であり、同図 (B) は、図 1 に示す電子ビーム描画装置において行われる描画方法について説明するための説明図である。

【図 13】

図 1 に示す電子ビーム描画装置の副偏向部において、周波数重畳回路によって偏向信号に対して周波数信号が重畳される過程について説明するための説明図である。

【図 14】

同図 (A) は、従来の電子ビームの走査における描画範囲について説明するための説明図であり、同図 (B) は、図 1 に示す電子ビーム描画装置において行われる電子ビームの走査における描画範囲について説明するための説明図である。

【図 15】

図 1 に示す電子ビーム描画装置によってブレースの描画が行われる際の制御部における処理の流れについて説明するフローチャートである。

【図 16】

図 1 に示す電子ビーム描画装置によってブレースの描画が行われる際の制御部における処理の流れについて説明するための説明図である。

【図 17】

同図 (A) ～ (F) は、基材を用いて成形用の金型を形成する場合の全体の処理手順を説明するための説明図である。

【図 18】

同図 (A) ～ (B) は、金型を用いて光学素子を成形する場合の全体の処理手順を説明するための説明図である。

【符号の説明】

- 1 電子ビーム描画装置
- 2 基材
- 2 a 曲面
- 3 ブレース
- 3 a 側壁部
- 3 b 傾斜部
- 3 c 溝部
- 10 鏡筒
- 12 電子銃
- 14 スリット
- 16 電子レンズ
- 18 アパーチャー
- 20 偏向器
- 21 a ～ 21 d 偏向板
- 22 補正用コイル
- 30 X Y Z ステージ
- 40 ロータ

- 50 ステージ駆動手段
- 60 ロータ駆動装置
- 70 真空排気装置
- 80 測定装置
- 82 第1のレーザー測長器
- 86 第2のレーザー測長器
- 84 第1の受光部
- 88 第2の受光部
- 100 制御回路
- 110 コイル制御部
- 112 a 成形偏向部
- 112 b 副偏向部
- 112 c 主偏向部
- 113 a ~ 113 d 入出力回路
- 115 周波数重畳回路
- 116 位置誤差補正回路
- 117 a、117 b 可変ゲイン回路
- 118 電界制御回路
- 119 可変周波数回路
- 120 パターン発生回路
- 130 第1のレーザー駆動制御回路
- 132 第2のレーザー駆動制御回路
- 134 第1のレーザー出力制御回路
- 136 第2のレーザー出力制御回路
- 140 第1の測定算出部
- 142 第2の測定算出部
- 150 ステージ制御回路
- 152 ロータ制御回路
- 154 機構制御回路



156 真空排気制御回路

158 測定情報入力部

160 メモリ

161 形状記憶テーブル

162 プログラムメモリ

170 制御部

181 設定手段

182 表示手段

A、B 重畳を行わない範囲を示すピッチ

B 電子ビーム

BW ビームウエスト

L レジスト層

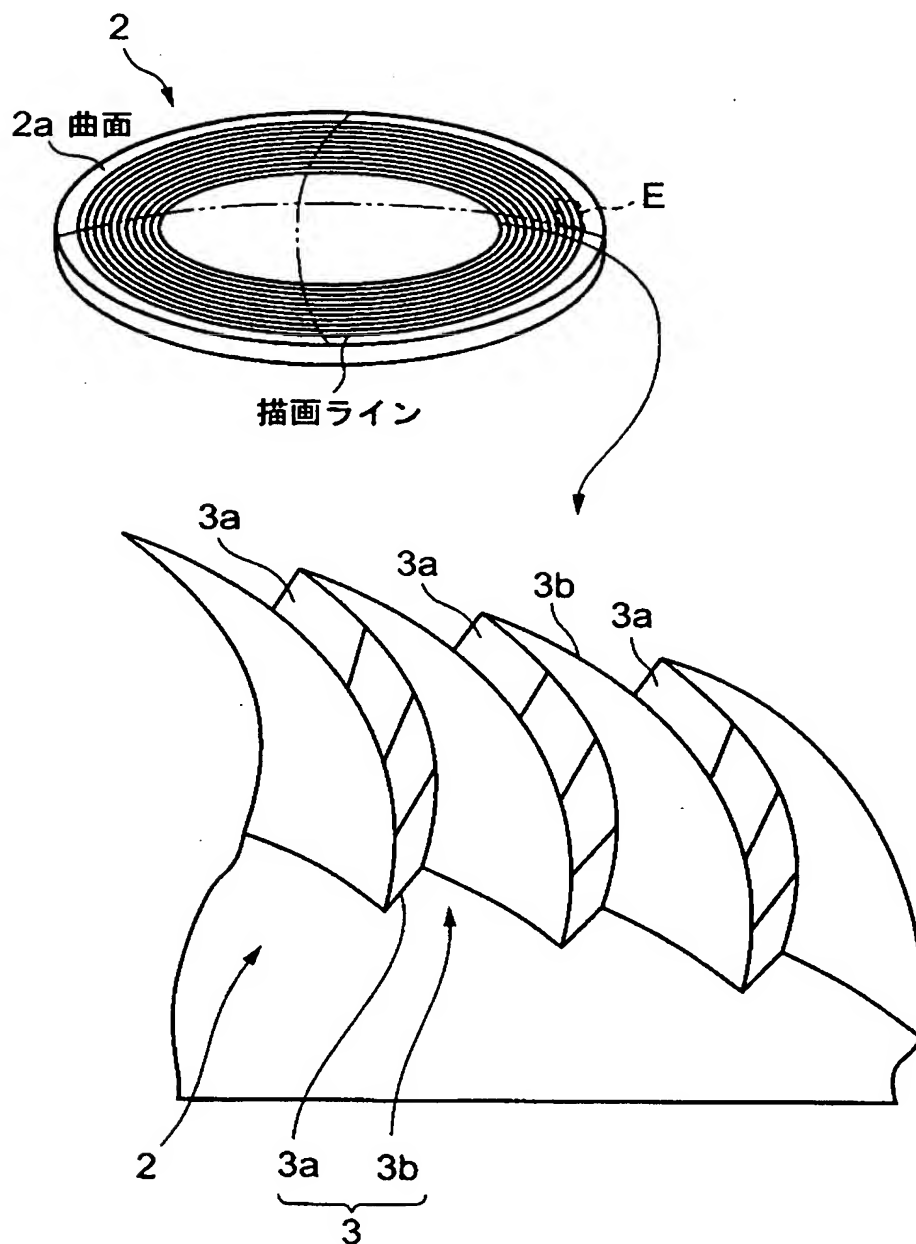
P ブレーズのピッチ

p 第 p 番目に描画する走査ラインに関するピッチ

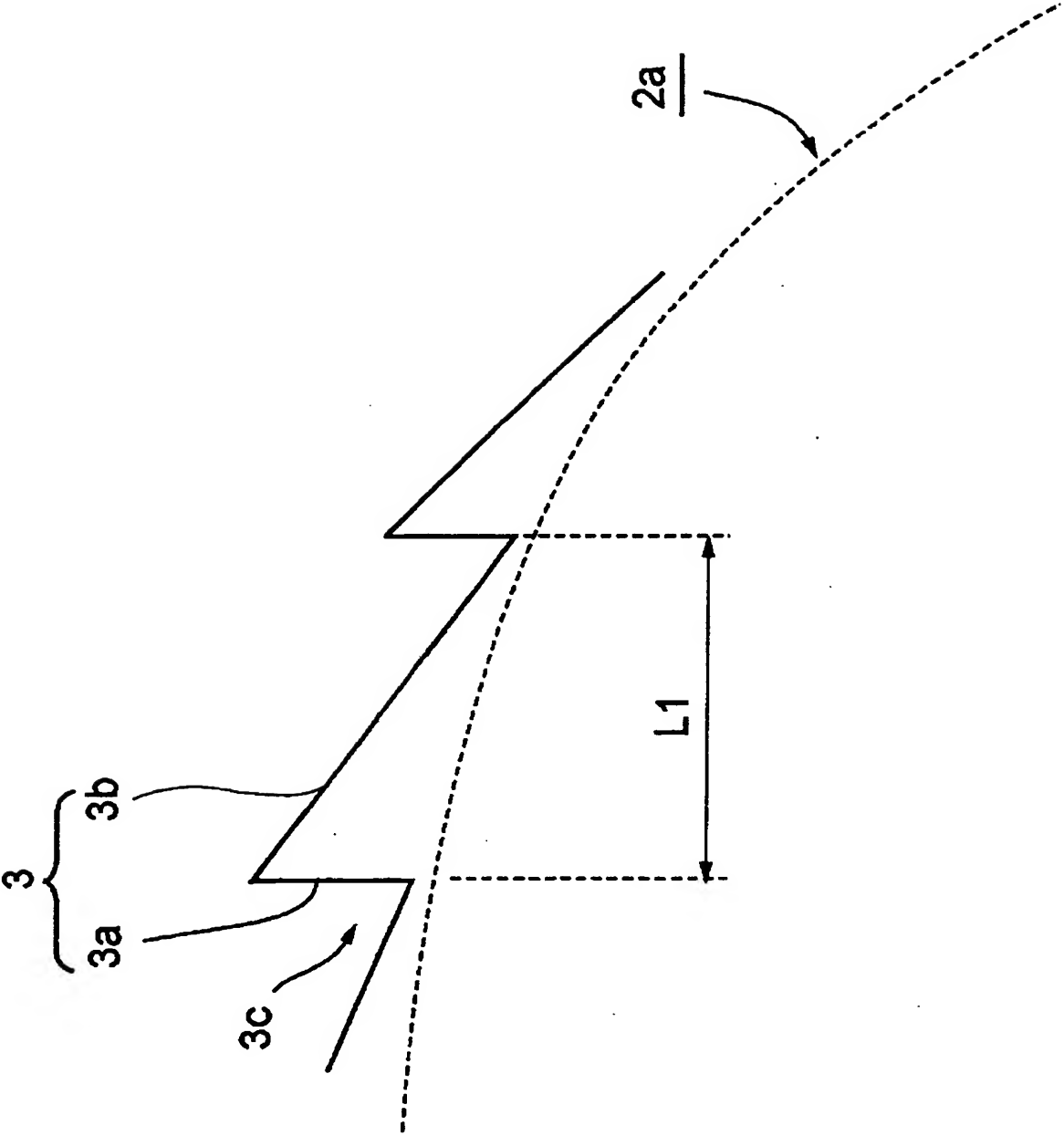
【書類名】

図面

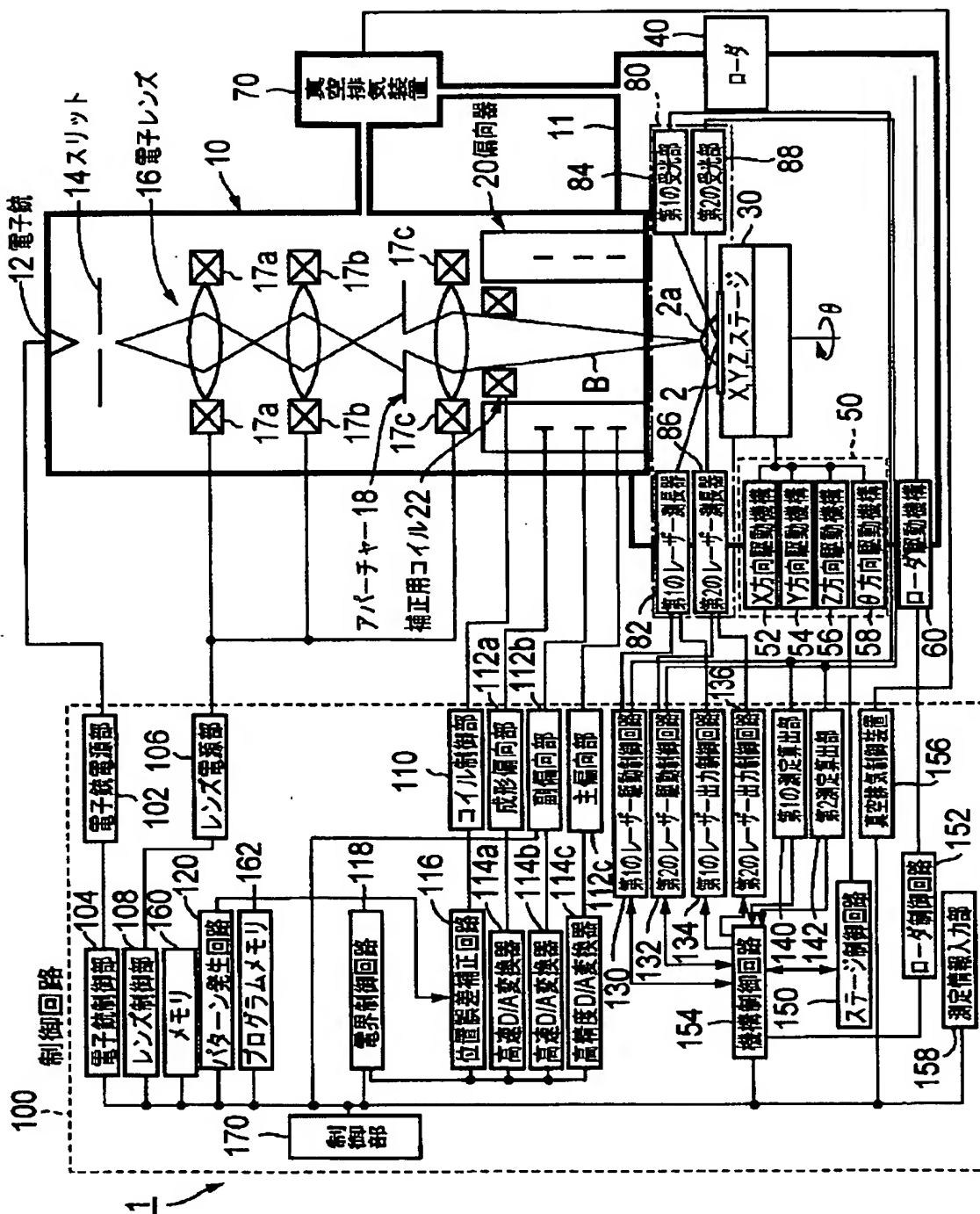
【図 1】



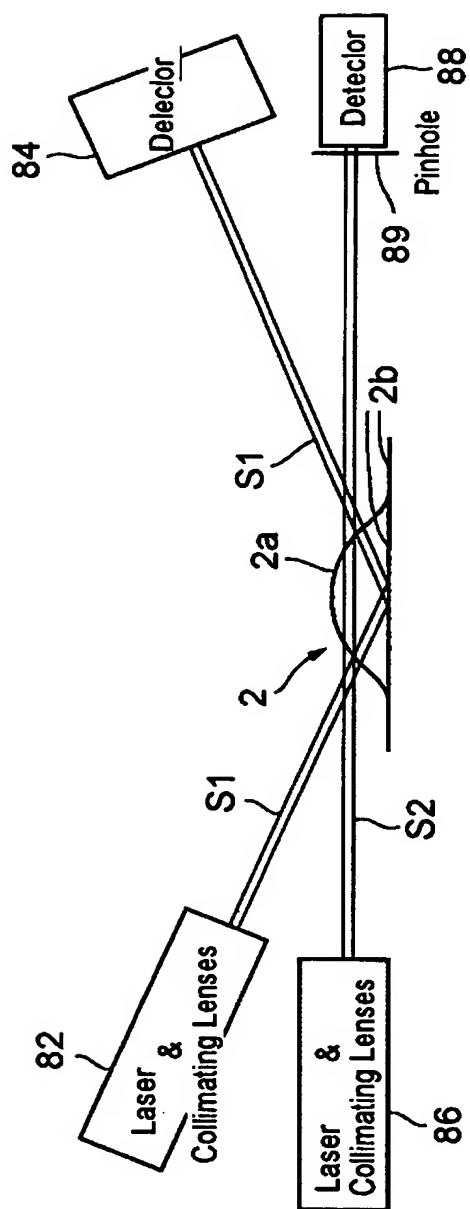
【図 2】



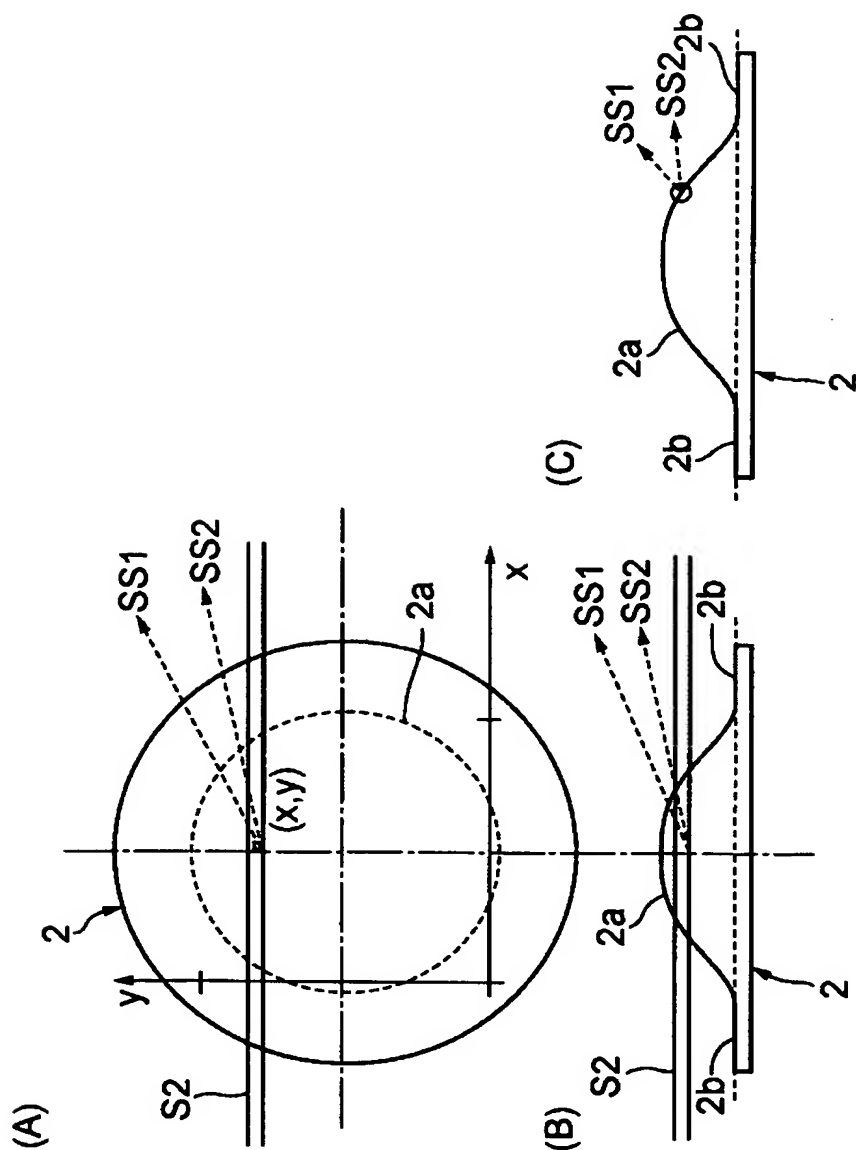
【図3】



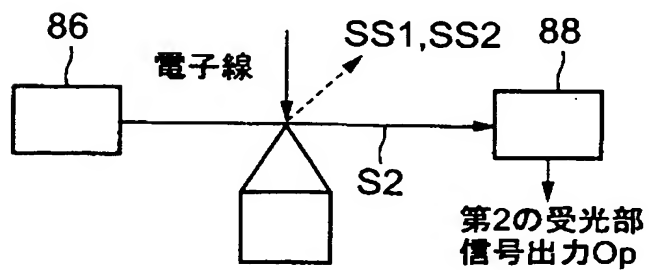
【図 4】



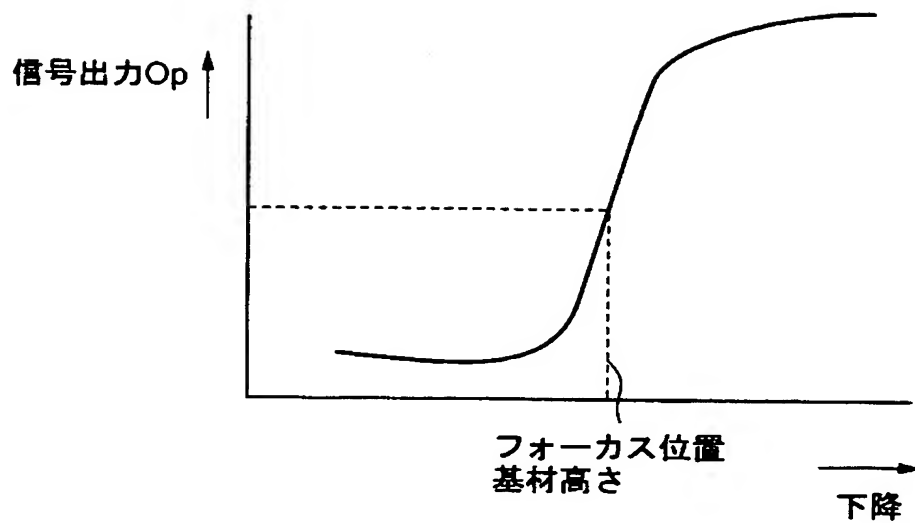
【図 5】



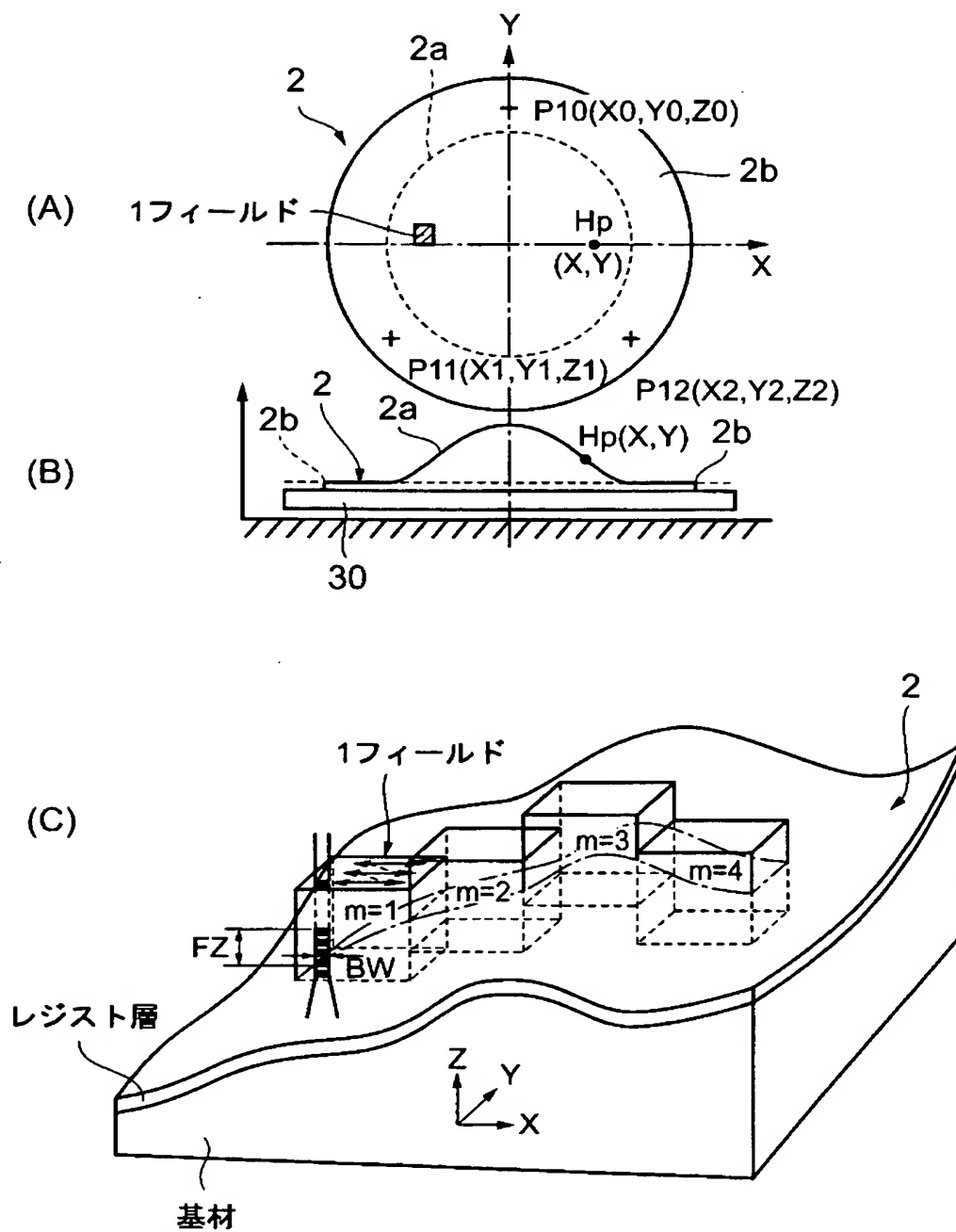
【図 6】



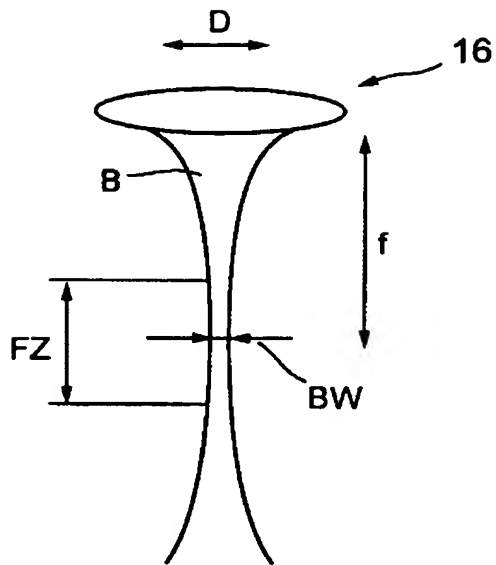
【図 7】



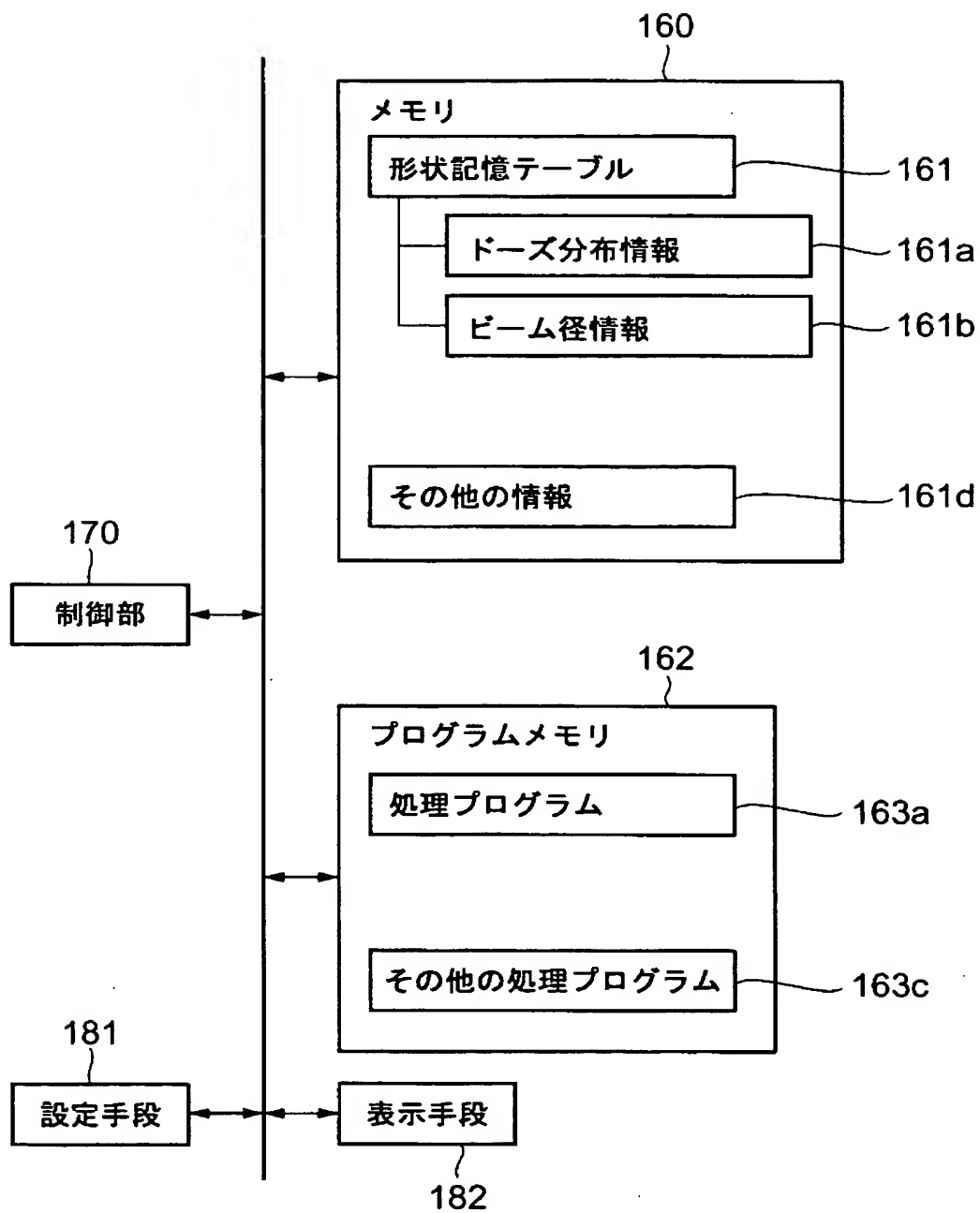
【図 8】



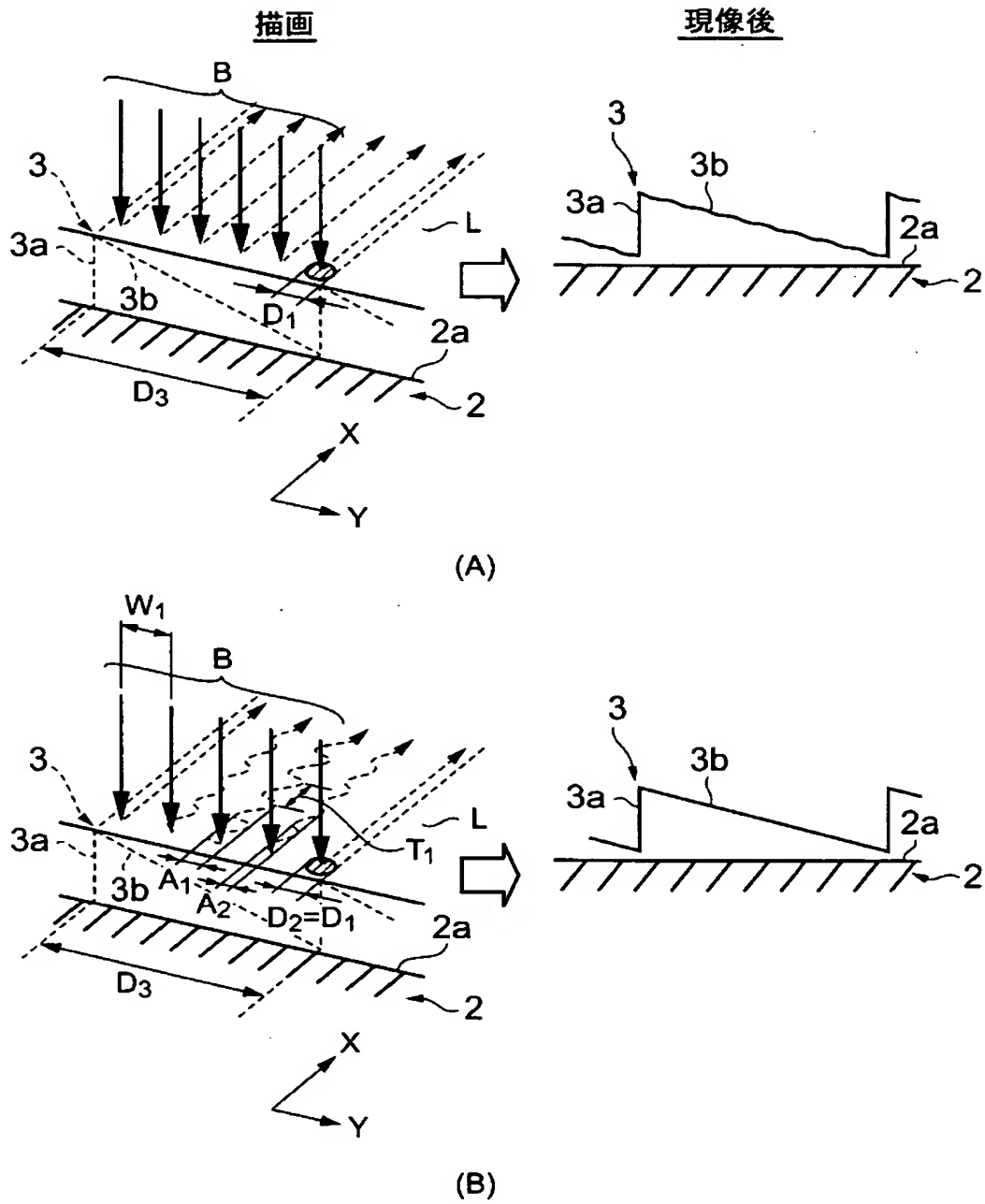
【図 9】



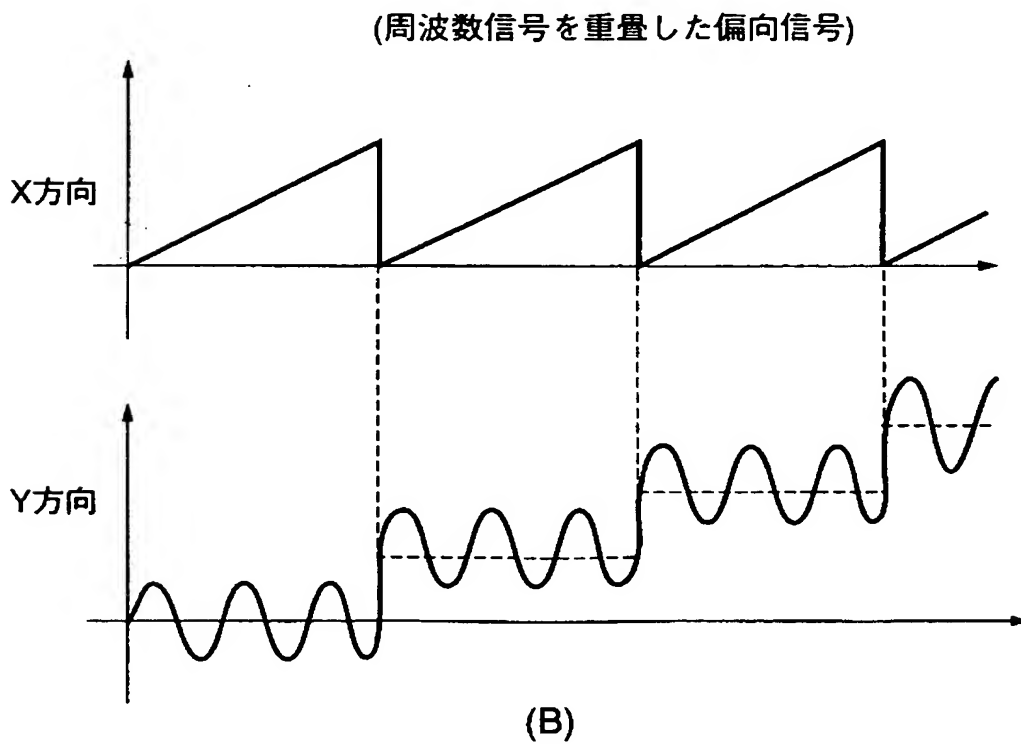
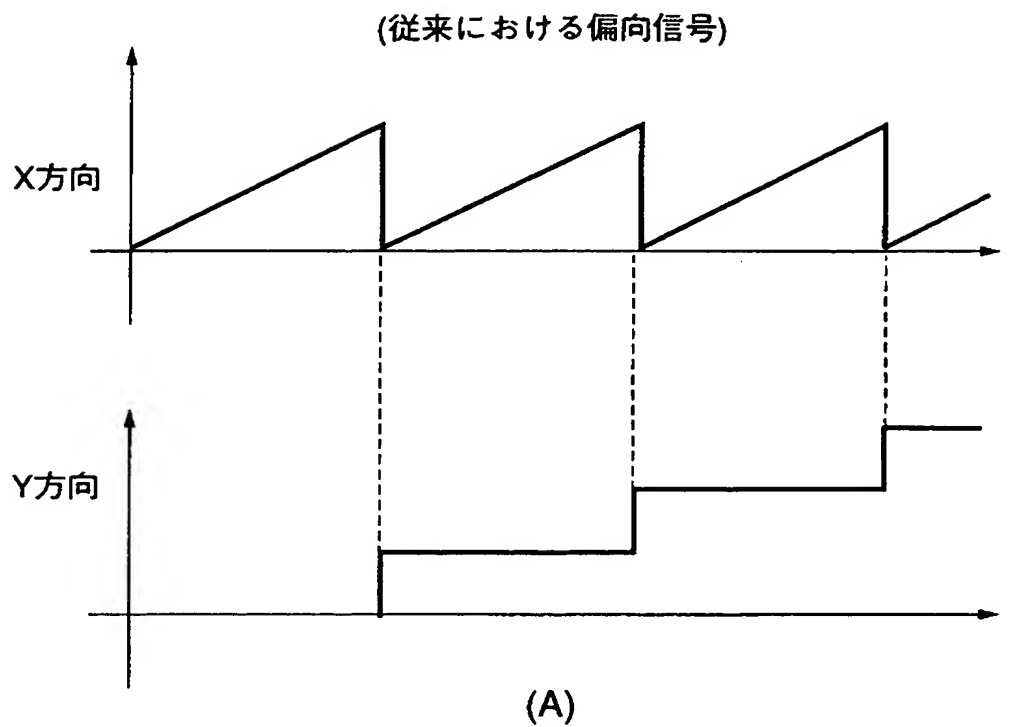
【図 10】



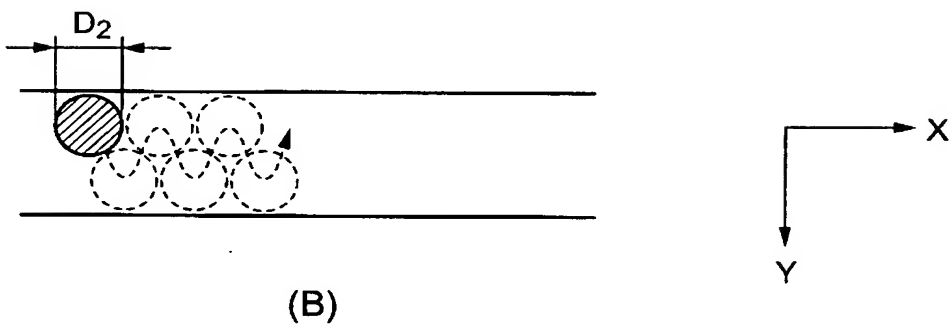
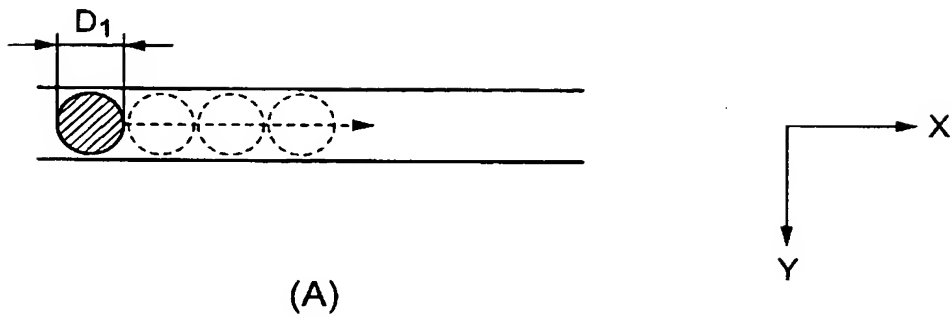
【図 12】



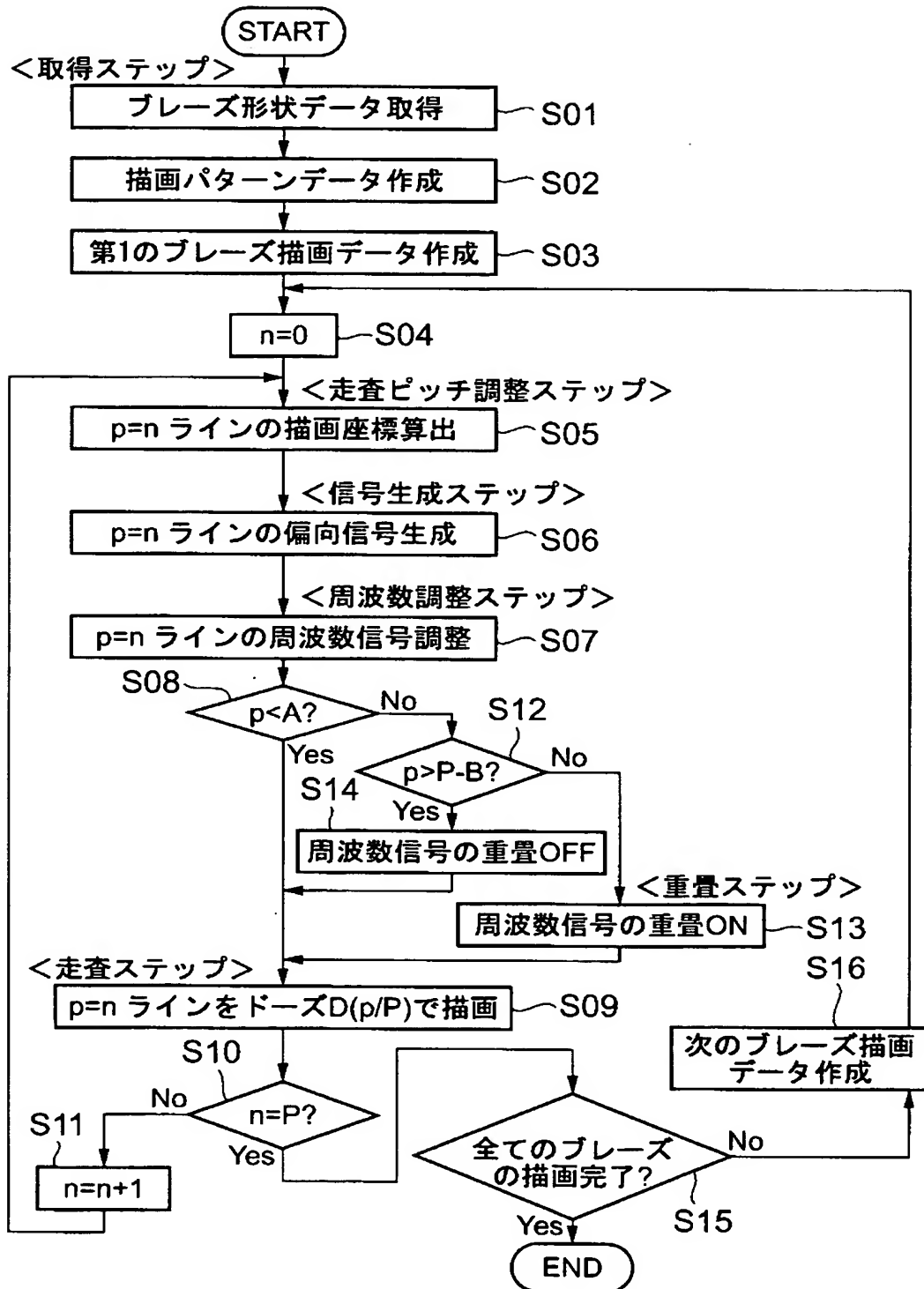
【図 13】



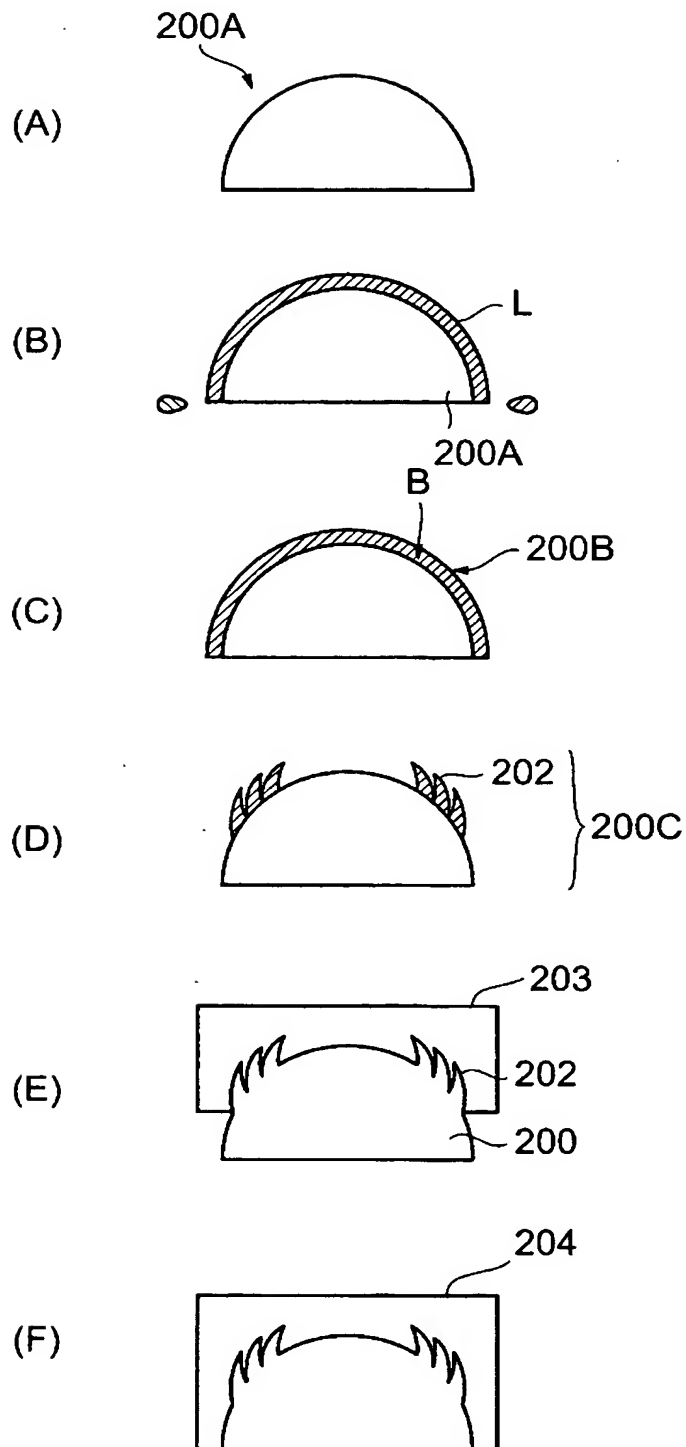
【図 14】



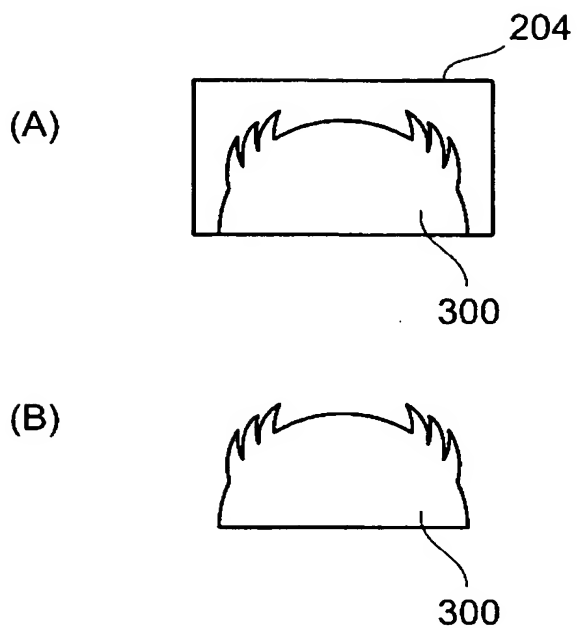
【図 15】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 細いビーム径にて描画を行いつつ、傾斜面部分を滑らかに形成し、且つ、エッジ部分の立ち上がりを鋭く形成すると共に、描画にかかる時間をより短く抑えることができる電子ビーム描画方法を提供する。

【解決手段】 電子ビームを偏向させる偏向器の入力信号に対して、所定のパターン形状に応じた周波数信号を重畳させることで、例えばブレード3を描画する際には、その傾斜部3bに関して、電子ビームBを副走査方向（Y方向）に振ることにより、電子ビームBを蛇行させながら主走査方向（X方向）に走査する。

【選択図】 図16

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 7 6 9 8 0
受付番号	5 0 3 0 0 4 5 6 2 7 3
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 3 月 2 4 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 3月20日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 7 6 9 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 2 7 0]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 4 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号
氏 名 コニカ株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 8 月 4 日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社
3. 変更年月日 2 0 0 3 年 8 月 2 1 日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社